

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-56133

(P2000-56133A)

(43) 公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

G 0 2 B 5/30

G 0 2 B 5/30

2 H 0 4 9

1/02

1/02

審査請求 有 請求項の数 4 書面 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-257426

(71) 出願人 391006566

川上 彰二郎

(22) 出願日 平成10年8月7日(1998.8.7)

宮城県仙台市若林区上樋236番地 愛宕橋
マンションファラオC-09

(72) 発明者 川上 彰二郎

宮城県仙台市若林区上樋236番地 愛宕橋
マンションファラオC-09

(72) 発明者 大寺 康夫

宮城県仙台市青葉区上樋1丁目6番15号
コーポ金丁201号

(74) 代理人 100088096

弁理士 福森 久夫

最終頁に続く

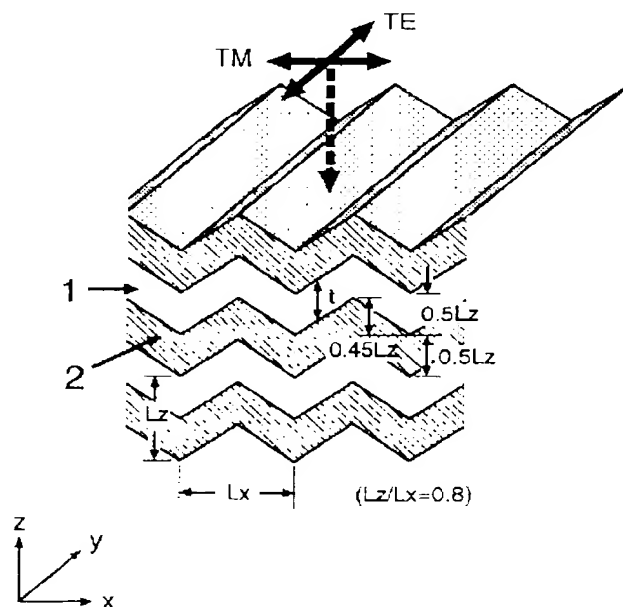
(54) 【発明の名称】 偏光子とその作製方法

(57) 【要約】

【目的】 周期が $1\mu\text{m}$ 程度ないしそれ以下の2次元周期構造からなる偏光子と、その作製方法を提供する

【構成】 1次元的にはほぼ周期的な間隔を持つ2種類以上の膜状物質をほぼ周期的に順次に積層した構造を持つ。2次元的にはほぼ周期的な構造体から成る。一例として、屈折率が異なる材料1と材料2から構成される。

【効果】 簡単な作製方法により、周期が $1\mu\text{m}$ 程度ないしそれ以下の2次元周期構造体を得られる。この構造により、特定の偏波面を持つ入射光を透過させ、それに直交する偏波面を持つ入射光を反射させる偏光子として動作させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 3次元の直交座標 x 、 y 、 z において、屈折率が異なる2種類以上の透明体と、 z 軸方向に多層構造体であり、各透明体とに積層の単位となる層の厚さが x 軸方向に周期的に構造を有し、 y 軸方向には一様であるか、または x 軸方向より大きい長さの周期的または非周期的な凹凸構造を有し、その平均を周期ごとに繰り返して z 軸方向に層状に積層されている、大抵が z 軸方向に多層でない成分を持つ層に対して作用することと特徴とする偏光子。

【請求項2】 請求項1記載の偏光子であって、 Si または TiO_2 を主成分とする高屈折率媒質と SiO_2 を主成分とする低屈折率媒質層を有するもの。

【請求項3】 周期的な溝または周期的な縁状突起または細長い突起または細長い凹みを有する基板の上に、高屈折率媒質と低屈折率媒質とを、少なくとも一部がエッチング、ゾウを含む膜形成方法により周期ごとに形状を繰り返して積層することを特徴とする偏光子の作製方法。

【請求項4】 周期的な溝または周期的な縁状突起または細長い突起または細長い凹みを有する基板の上に、 Si または TiO_2 を主成分とする高屈折率媒質と SiO_2 を主成分とする低屈折率媒質とを、少なくとも一部がエッチング、ゾウを含む膜形成方法により周期ごとに形状を繰り返して積層することを特徴とする偏光子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発明の特徴である偏光現象を利用した光学機器に用いられ、特定方向の直線偏光のみを透過させ直交する方向の直線偏光を反射させる偏光子およびその作製方法に関する。

【従来の技術】 偏光子とは、不特定方向に電磁界が振動する無偏光または楕円偏光を、ある特定方向の振動成分だけを透過させて直線偏光にする装置である。最も基本的な要素の一つであり、光通信デバイス、光イメージングのピックアップ、液晶ディスプレイ、光応用計測など広く利用されている。動作形態は、(1) 不要な偏波を吸収させるもの、(2) 同一の光路で入射する直交する2つの偏波成分を別々の光路に分けるもの、(3) 光を分離させる利用目的により、大きな開口面積、高性能、高耐光性の特性を実現することが望まれており、産業的には安価に供給できることが重要である。現在、実用的に使用されている偏光子は、(1) 動作をするものは高分子材料または有機発光性有機分子を入れた透明な薄膜である。これは安価で大面積を占めることができるが、消光比が低く、温度安定性に劣るといった問題がある。この問題を解決するため、安定性が高く、材料コストが偏光子を開発されている。即ち、安価な透明体と高屈折率の導電性材料の複合材料で構成される薄膜構造、すなわち配列した金属ナノ線構造、金属薄膜の層状偏光子が提案されている。反射型、透過型、

透過偏波は透過する。この種の偏光子は消光比が高く取れるのが特徴であるが、切磨・研磨などの工程が必要となり、製造コストが低減が困難である。また大面積で均一の薄膜にすることは困難である。一方、(2)に複屈折単結晶を用いたものは、高屈折率と複屈折率に大きい材料からなる三角ワッパを2個貼り付けた構造をしている。代表的なものにはブロンズワッパ・ワッパがある。この種の偏光子は一般に高い消光比、高い透過率が得られるが、大面積で薄膜にすることは困難であり、材料が高価であるため価格も必然的に高くなる。透明体ワッパ・ブロンズワッパを利用したものは、誘電体多層膜を用いた偏波ビームスプリッタが挙げられる。これは量産性に富むため低価格ではあるが、高い偏光度は得られない、小型化も困難である。使用波長帯域が狭い、などの問題点があり、限られた用途にしか使用されていない。上述の各偏光子はそれぞれ実用されているが、一方、最近になって波長以下の周期をもつ透明体周期構造の低損失特性の異方性を利用した偏光子が理論的に提案されている。

(浜野哲子、井筒雅之、平山秀樹、"2次元フォトニック結晶を用いた偏光子の可能性、"第58回応用物理学会集、paper 2a-W-6、1997)、佐藤晃、竹部雅彦、"構造性複屈折による光学異方性多層膜、"Optics Japan '97、講演予集集、paper 30pD01、1997)。これらの構造は、いずれも透明母材中に、母材と屈折率の異なる透明体の細柱を2次元周期的に配列させたものである。周期が例えば波長程度という条件を満たす構造であれば、柱に平行な偏波と垂直な偏波に対して、一方は内部を低損失で、他方は遮断させることができ、偏光子として動作させる。しかし、実際にはこのような構造を工業的に作製する方法は見つからず、実験例もない。

【発明が解決しようとする課題】 本発明は上記の課題点を解決するためのものであり、本発明の目的は、大きい光路長で、優れた消光比と挿入損失特性を有し、大きな開口面積も可能な、低価格の工業的に作製できる偏光子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】 本発明の偏光子の構造とそれを特徴づける点について説明する。高屈折率媒質と低屈折率媒質からなる人工的な周期構造、すなわち、任意に直交する2つの偏波成分は、互いに独立な分散関係(波数 k と波長 λ と n の関係)を持っている。このとき、この偏波成分は、本発明に関連する2次元周期構造では電界または磁界が一方の長さ方向に平均化される。すなわち、それらがTE波、TM波となる。また、偏光子の透明構造は固有モードはTE的の波とTM的の波の両方を伝播する。故に本発明においては、偏光子はTE波、TM波と伝播する。すなわち、TE波、TM波、すなわち、波長 λ と波数 k と n の関係は、TE波、TM波の分散関係で表わされる。すなわち、偏光子は、TE波、TM波の両方を伝播する。

る。他方、偏光モードが偏波面を有する場合において、この偏波数帯域に4次元以上、この周期構造体は一方に偏光を反射または屈折し、他方、偏光を透過させる偏光子としての動作が可能である。また、消光比も周期数の増加によって十分高い値が得られる。本発明の中心思想は、屈折率が異なる2種類以上の透明体からなり、3次元の直角座標系 $x-y-z$ において、積層の単位となる層の形状が x -軸方向に周期構造を有し、 y -軸方向には一様であるか、または x -軸方向より長い周期をもつ構造を有し、その層が繰り返しの z -軸方向に割出し積層されている構造、即ち、周期的なひた（うねり）を有する二種類以上の薄膜を多量化した構造に4次元面型偏光子の特性が存在することを発見したこと、およびこの構造を発明者らが開発してきた周期構造作製方法により作製する方法を発明したことである。光は面に垂直あるいは斜めに入射される。開口面積は基板の大きさで決まり、大きくすることは極めて容易である。また光路長は積層厚さで決まり、波長の数倍程度（数 μm ）で十分であり、従来の偏光子に比べて数倍単位で短くすることができる。一方、バイアス・スハックリングに代表される堆積粒子の拡散入射とスハックリングを用いた成膜法において、その堆積作用とスハック作用を相互に制御することにより、表面の凹凸形状を繰り返しの層法に積層させる方法が可能である。このメカニズムは次の3つの効果、（1）堆積粒子の拡散入射により形成される凹部の堆積速度が遅くなる効果、（2）スハックリングによる斜射角約50°から60°の面においてスハック速度が最大になる効果、（3）主にスハックリングにより割られた粒子が基板を別の凹凸形に形作らせる効果、の適切な割合での重み付けである（説明に用いる（川上彰一郎、佐藤尚、川嶋貴之、"バイアス・スハック法で作製される3D周期ナノ構造の形成機構、"電子情報通信学会誌（C-1、vol. J81、C-1、n=6、2、pp. 108-109、1998年2月））。この技術を用いることで、周期的な溝列を形成した基板上に、二種類（透明材料）からなる薄膜を順次位置合わせして行なわれる位置の等しい凹凸形状を繰り返しの周期的に積層することができる。即ち、この技術を用いることで本発明の偏光子を容易に作製することができる。以上のことから、本発明の偏光子は、小さい光路長で優れた消光比と挿入損失特性を有し、大きな開口面積が可能で、低価格で提供することができる。

【発明のその他形態】図1は、本発明の偏光子の構造を示している。以下、図1を用いて本発明の偏光子を説明する。周期的な溝列（1）は基板（2）上に、透明な高屈折率（媒質）と低屈折率（媒質）を交互に積層し、光を透過させる。光は面に垂直あるいは斜めに入射される。開口面積は基板の大きさで決まり、大きくすることは極めて容易である。また光路長は積層厚さで決まり、波長の数倍程度（数 μm ）で十分であり、従来の偏光子に比べて数倍単位で短くすることができる。一方、バイアス・スハックリングに代表される堆積粒子の拡散入射とスハックリングを用いた成膜法において、その堆積作用とスハック作用を相互に制御することにより、表面の凹凸形状を繰り返しの層法に積層させる方法が可能である。このメカニズムは次の3つの効果、（1）堆積粒子の拡散入射により形成される凹部の堆積速度が遅くなる効果、（2）スハックリングによる斜射角約50°から60°の面においてスハック速度が最大になる効果、（3）主にスハックリングにより割られた粒子が基板を別の凹凸形に形作らせる効果、の適切な割合での重み付けである（説明に用いる（川上彰一郎、佐藤尚、川嶋貴之、"バイアス・スハック法で作製される3D周期ナノ構造の形成機構、"電子情報通信学会誌（C-1、vol. J81、C-1、n=6、2、pp. 108-109、1998年2月））。この技術を用いることで、周期的な溝列を形成した基板上に、二種類（透明材料）からなる薄膜を順次位置合わせして行なわれる位置の等しい凹凸形状を繰り返しの周期的に積層することができる。即ち、この技術を用いることで本発明の偏光子を容易に作製することができる。以上のことから、本発明の偏光子は、小さい光路長で優れた消光比と挿入損失特性を有し、大きな開口面積が可能で、低価格で提供することができる。

得る。この周期構造体は、 x -軸方向に無偏波面または面型偏光を入射する。溝列と平行な偏波面（ y -偏波面）。光は、面に垂直な偏波面（ x -偏波面）に対して、TEモード、TMモードの光が周期構造体の内部に誘起される。したがって、この偏波面が、TEモードまたはTMモードの光、スハックリングの中にあれば、そのモードは周期構造体の中で共振することになり、入射光は反射または屈折される。一方、光が偏波面が、 x -軸方向に、下に示すように、周期構造体の中を光は波動ベクトルを保存しながら透過する。従って面型偏光子としての動作する。本発明の偏光子は、溝列の周期 L_x 、積層方向の周期 L_z を制御することにより、TEモード、TMモードの光の波長帯域が任意に変えることができる。即ち偏光子としての動作させる波長帯域を任意に設定することが可能である。また低屈折率媒質としては SiO_2 を主成分とする材料が最も一般的である。 SiO_2 は透明波長領域が広く、化学的、熱的、機械的にも安定であり、成膜も容易に行なえる。高屈折率材料としては、 TiO_2 などの酸化物や、 Si 、 GaAs などの半導体を使用できる。 TiO_2 などは透明波長範囲が広く、可視光領域でも使用できる。一方、半導体は、近赤外域に限定されるが、屈折率が大きい利点がある。ところで、多目的の偏光子としては、広い波長帯域で、使用することが望ましい。高屈折率媒質層と低屈折率媒質層の形状を適切に決定することにより、偏光子としての使用周波数帯域を広くとることができる。逆に、特定の1-更光のような単色の光に対しては、高屈折率媒質と低屈折率媒質の形状に対する自由度は大きく、成膜において、繰り返しの容易な形状を選択することができる。以下、実施例においては、層の形状、繰り返しの構造および、その作製方法を説明する。

【実施例】（実施例1）図1は、本発明の実施例の構造を示す図である。この図において、符号1はTEモードの光が SiO_2 の層であり、符号2はTEモードの光が SiO_2 の層である。 x -軸方向の溝列 L_x は0.4 μm 、 z -軸方向の周期 L_z は0.3 μm である。 SiO_2 層および Si 層は厚さ t をそれぞれ変化させながら、周期的に折れ曲がった形状をなしている。次に、その作製方法を説明する。まず、基板上に電子ビームリソグラフィとドライエッチングにより周期的な溝を作製した（図2a）、その模式図を（図3）番号3は石英ガラス基板、番号4は無屈折率の材料（ SiO_2 ）層、番号5は周期的な溝の部分である。次に、この周期構造体から選択し、番号4、5は基板と異なり材料が異なるが、基板と同じ材料でできている。この溝を形成することにより、光は電磁波として、溝に誘起され、光は、 x -軸方向に誘起され、 y -軸方向に透過する。光は、面に垂直な偏波面（ x -偏波面）に対して、TEモード、TMモードの光が周期構造体の内部に誘起される。したがって、この偏波面が、TEモードまたはTMモードの光、スハックリングの中にあれば、そのモードは周期構造体の中で共振することになり、入射光は反射または屈折される。一方、光が偏波面が、 x -軸方向に、下に示すように、周期構造体の中を光は波動ベクトルを保存しながら透過する。従って面型偏光子としての動作する。本発明の偏光子は、溝列の周期 L_x 、積層方向の周期 L_z を制御することにより、TEモード、TMモードの光の波長帯域が任意に変えることができる。即ち偏光子としての動作させる波長帯域を任意に設定することが可能である。また低屈折率媒質としては SiO_2 を主成分とする材料が最も一般的である。 SiO_2 は透明波長領域が広く、化学的、熱的、機械的にも安定であり、成膜も容易に行なえる。高屈折率材料としては、 TiO_2 などの酸化物や、 Si 、 GaAs などの半導体を使用できる。 TiO_2 などは透明波長範囲が広く、可視光領域でも使用できる。一方、半導体は、近赤外域に限定されるが、屈折率が大きい利点がある。ところで、多目的の偏光子としては、広い波長帯域で、使用することが望ましい。高屈折率媒質層と低屈折率媒質層の形状を適切に決定することにより、偏光子としての使用周波数帯域を広くとることができる。逆に、特定の1-更光のような単色の光に対しては、高屈折率媒質と低屈折率媒質の形状に対する自由度は大きく、成膜において、繰り返しの容易な形状を選択することができる。以下、実施例においては、層の形状、繰り返しの構造および、その作製方法を説明する。

大気中を飛翔する分子が加速されて、その名称は知られておらず、これを Si^+O_2 と仮定しては、Ar プラズマ圧 1.9 mTorr 、ターゲット高周波電力 400 W 、基板高周波電力 60 W ； Si^+ 放電、対し、Ar プラズマ圧 3.6 mTorr 、ターゲット高周波電力 400 W である。 Si^+O_2 と Si^+ の割合、 10 層以上堆積した 。この条件において、図2に示された矩形の溝を有する基板を用いて、図1に示された積層構造が生成される理由は、次に述べる3要素の重ね合わせによって説明することができる：(1)ターゲットからの中性粒子の分散入射による堆積；(2)Ar イオンの垂直入射によるスパッタエッチング；(3)堆積粒子の再付着である。図2aと図2bは、このようにして得られた周期構造体に対して、波長 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ でのTE波とTM波に対する透過光の近視野での強度分布を示した図である。横軸は基板ウエハ上の位置を示す。中央部分が偏光子部分であって、その両側は、基板ウエハが溝を持つ。 Si^+ と Si^+O_2 の平行層が堆積された部分である。縦軸は、基板ウエハ上の各点における透過光強度である。偏光子部分はTE波を、 λ と $\lambda/2$ と遮断していることがわかる。一方、TM波に対しては、両側の溝がない基板上に堆積された膜の部分と偏光子部分において、透過光強度の差は微小である。言い換えると、偏光子部分に無反射コーティングを施せば、微小な損失で、TM波を透過させることができる。図4に、この周期構造体における周波数と波動ベクトルの関係を周期的境界条件を用いたFDTD法（有限差分時間領域法）により計算した結果を示す。FDTD法によるフォトニック結晶の、下構造にも透過特性の解析はS. Fanらにより、Physical Review B, vol. 54, no. 16, pp. 11245-11251（1996年）において報告されているとおりである。図4において、横軸は相を値で表した波動ベクトルの大きさであり、縦軸は相対値で表した周波数 L_y/λ である。ここで、 λ は入射光の波長、 k_x は波動ベクトルの x 成分である。実線と破線は、それぞれTE波、TM波における分散曲線を示す。ここで $L_y = 0.4\text{ }\mu\text{m}$ 、波長 $1\text{ }\mu\text{m}$ とし、周波数 $L_y/\lambda = 0.4$ となる。この図からわかるように、 $L_y/\lambda = 0.4$ の直線はTE波の分散曲線（実線）と交叉するが、TM波の分散曲線（破線）とは交わらない。これはTE波は透過・反射され、TM波は透過することの意味である。すなわち、この周期構造体は周波数 L_y/λ が 0.39 から 0.43 の間に位置する符号6の周波数帯でTM波を透過させて偏光子として作用している。

[illegible]

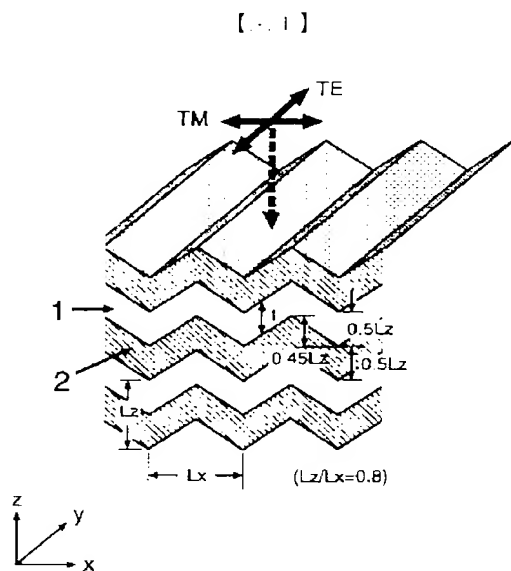
溝の幅と周期比は0.4 μm、z軸を方向周期比は0.312 μmであり、S100層は厚さ1を0.9 L_yと0.3 L_yの間で変化させながら、そして、S1層は厚さを0.1 L_yを0.7 L_yの間で変化させながら、周期比が変化する形状をなす。この積層構造の形成において、基板は実施例1の場合と同じであるが、S100層およびS1層を生成するバイナス・スパー・タリシタの条件が異なっている。この周期構造体における周波数と波動ベクトルの関係をFDTD法により計算した結果を図6に示す。横軸は相対値で表した波動ベクトルの大きさであり、縦軸は相対値で表した周波数である。実線と破線は、それぞれTE波とTM波における分散曲線である。この図からわかるように、第1の実施例の場合よりも、偏光子として作用する周波数帯が広がっている。ところで、ひとりのバンドギャップに注目したとき、単一の光周波数で使用する偏光子に対しては、その周波数帯は狭いことが望ましい。なぜなら、バンドギャップの端から十分に離れていない周波数においては、消光比を大きくするために必要なz方向の周期数が増大するからである。第1と第2の実施例において、z軸方向とx軸方向の繰り返し周期の比L_z/L_xは0.8であったが、FDTD法による他の計算結果から、0.2程度であっても、偏光子としての作用が可能であることがわかっている。またx方向の周期L_xは、通常の偏光子として使用する場合には、光の波長以下程度に選ばれるが、一方の偏光をより手早く透過させ、他方の偏光を回折させるための偏光子においては、光の波長よりも長い周期L_xを選択することがわかっている。さらに、溝はy軸方向に必ずしも一様である必要はなく、x軸方向の溝の幅と間隔に対して、異なる周期構造を持っていてもよく、あるいはy方向に充分長いランダムな長さの溝であってもよいことが、他の計算の結果、わかっている。ところで、今回は、単位となる層の形状を繰り返し、この積層層を均質として、バイナス・スパー・タリシタ法を用いたが、堆積プロセスとスパー・タリシタプロセスを同時にではなく時間的に分離した方法を加えることにより、積層の単位となる層の形状の設計自由度を大きくすることができると考えられる。さらに、低屈折率媒質としては、アモルファスS100以外に、バイナスまたは化学プロセスを用いることもできる。一方、高屈折率媒質としてはS1以外に、TiO₂、Ta₂O₅などを用いることもできる。基板や溝の断面形状も、今回、V形であったが、矩形の溝でもよいことは明らかである。また、バイナス・スパー・タリシタ法と露光法とを併用すれば、各段の溝の断面形状を制御できると考えられる。また、積層の単位となる層の形状の設計自由度を大きくするには、任意の基板の反対側、面に無反射の凹凸を形成した凹凸層を設けること、各段の層を、一定の厚さで形成するのではなく、一定の厚さが必要とされる領域にのみ形成すること、さらには、各段の偏光子の構造を、

るものが多い。また、基板が厚く積層膜が厚なため、研磨が必要であり、垂直入射または小さい入射角での使用が可能である。光スライダ型光透過型ディスプレイなどへの応用範囲が広い点である。また、光サイキエータなどを用いた光透過型として使用する場合には、入射光に対して垂直な偏光で使用する必要があるが、この場合も光スライダを透過することはないので、研磨が不要である。

【発明の効果】：発明が解決する課題は、研磨作用を含む成膜方法により形成した偏光素子は、光透過方向の厚さが微小で、1層の積層膜から大面積の積層膜が得られ、個々の素子は見えないことで、研磨が不要であり、切断が容易であるという特徴を備えている。他方、使用する波長域を広くして、便宜上偏光特性を持たせる設計が可能である。このような偏光素子は、光ディスプレイ用の偏光子として最もよく、他にも光サイキエータ、光スイッチなどの中継にはよく、従来の偏光子を置き換えることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施例の構造を示す図



【図2】 表面に溝を有する基板を示す図

【図3a】 TE波に対する透過光の近視野における強度分布を示す図

【図3b】 TM波に対する透過光の近視野における強度分布を示す図

【図4】 第1の実施例における周波数と波動ベクトルの関係を示す図

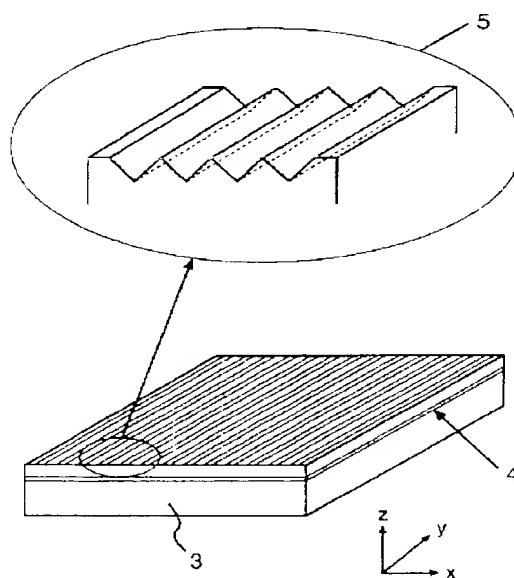
【図5】 第2の実施例の構造を示す図

【図6】 第2の実施例における周波数と波動ベクトルの関係を示す図

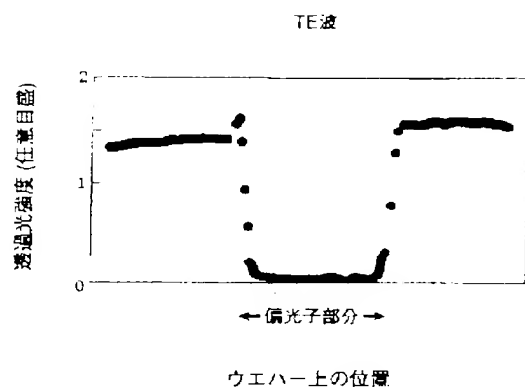
【符号の説明】

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 | SiO ₂ 層 |
| 2 | Si層 |
| 3 | 基板 |
| 4 | 無反射コーティング層 |
| 5 | 周期的な溝 |
| 6 | TM波を透過させる偏光子として作用する周波数帯のひとつ |
| 7 | SiO ₂ 層 |
| 8 | Si層 |

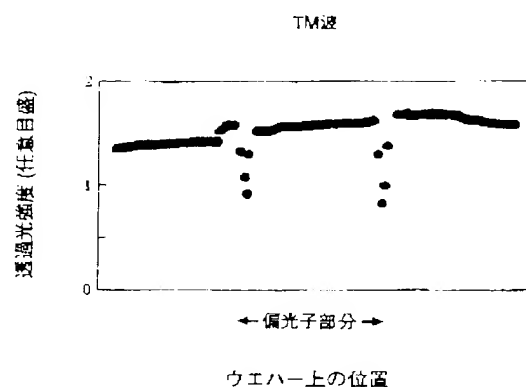
【図2】



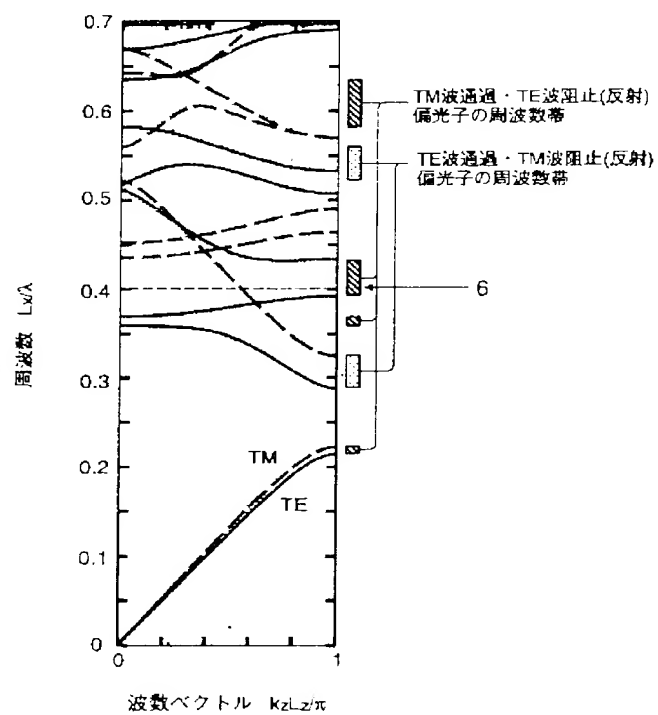
【図3 a】



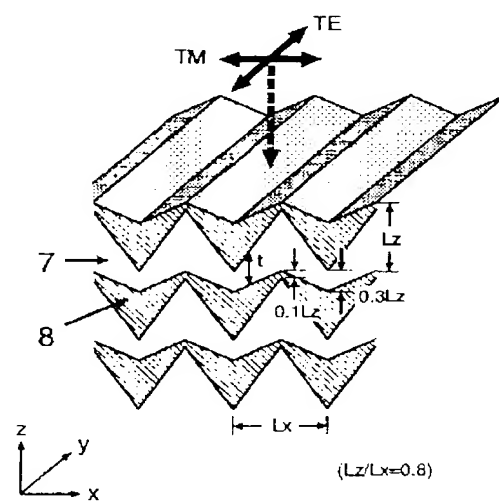
【図3 b】



【図4】



【図5】



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840.